



(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.04.1997 Patentblatt 1997/17**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F04B 19/00, F04B 43/04**

(21) Anmeldenummer: **95112161.5**

(22) Anmeldetag: **02.08.1995**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung einer Mikropumpe**

Method and device for driving a micropump

Procédé et dispositif pour commander une micropompe

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI NL**

• Kluge, Stefan  
D-80997 München (DE)

(30) Priorität: **22.09.1994 DE 4433894**

(74) Vertreter: **Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing.**  
**Patentanwalt,**  
**P.O. Box 71 08 67**  
**81458 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.03.1996 Patentblatt 1996/13**

(73) Patentinhaber: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT**  
**ZUR FÖRDERUNG DER**  
**ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.**  
**80636 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-93/05295** **US-A- 4 344 743**

(72) Erfinder:

- Zengerle, Roland  
D-80337 München (DE)
- Richter, Axel  
D-81379 München (DE)

- ZENGERLE R 'a micro membrane pump with electrostatic actuation' 4.Februar 1992, IEEE, TRAVEMÜNDE (DE) \* das ganze Dokument \*
- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 497 (M-1192), 16.Dezember 1991 & JP-A-03 217672

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung einer Mikropumpe mittels eines Treibersignals, derart daß sich eine durch eine Ventilstruktur definierte Förderrichtung umkehrt.

Mikro-Membranpumpen sind beispielsweise aus der WO-93/05295 bekannt. Eine der dort beschriebenen Pumpen ist in Fig. 1 dargestellt.

Diese Mikro-Membranpumpe 100 umfaßt eine aus zwei Teilen bestehende Verdrängereinheit 102 und eine ebenfalls aus zwei Teilen bestehende Ventileinheit 104. Bei dieser Mikro-Membranpumpe umfassen die zwei Teile der Verdrängereinheit 102 eine flexible Pumpmembran 106 und eine starre Gegenelektrode 108. Zwischen der Pumpmembran 106 und der Gegenelektrode 108 ist eine sogenannte Antriebskammer 110 gebildet. Beim Anlegen einer Betriebsspannung wird die Pumpmembran 106 von der Gegenelektrode 108 angezogen. Das Volumen der Pumpkammer 112 vergrößert sich und ein zu pumpendes Fluid wird über einen Einlaß angesaugt. Beim Abschalten der Betriebsspannung relaxiert die Pumpmembran 106 in ihren Ausgangsbereich und verdrängt das zu pumpende Fluid in den Auslaß 116. Durch zwei passive Rückschlagventile 118, 120, die für die Fluidströmung eine Vorzugsrichtung definieren, ergibt sich bei einer periodischen Ansteuerung der Verdrängereinheit 102 eine gerichtete Pumpwirkung vom Einlaß 114 zum Auslaß 116 der Pumpe. Bei Betriebsfrequenzen, die weit unterhalb der Eigenfrequenz der beweglichen Ventiltile liegen, ist das Verhalten der Ventile 118, 120 quasi statisch, d.h. die Stellung des beweglichen Ventiltails ergibt sich zu jedem Zeitpunkt aus der über das Ventil anliegenden hydrostatischen Druckdifferenz.

Bekannte Verfahren zur Ansteuerung einer solchen Mikro-Membranpumpe ermöglichen das Pumpen eines Fluids in die durch die Ventile 118, 120 definierte Vorzugsrichtung.

Bei technischen Anwendungen der Mikromembranpumpe tritt oft die Situation ein, in der Fluide beispielsweise sowohl zu einem Sensorelement hintransportiert als auch wieder abtransportiert werden müssen. Dies tritt beispielsweise bei der chemischen Analytik auf, bei der Flüssigkeiten sowohl zu einem Sensorelement hintransportiert als auch wieder abtransportiert werden müssen. Sowohl für den Hintransport als auch für den Abtransport muß bislang jeweils eine Mikro-Membranpumpe eingesetzt werden, wobei diese Mikro-Membranpumpen entgegengesetzt angeordnet sind. Die Notwendigkeit der zwei Mikro-Membranpumpen erhöht die Komplexität solcher analytischer Systeme und deren Herstellungskosten und erschwert beim Betrieb dieser Systeme deren Befüllung mit einem Fluid erheblich.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung einer Mi-

kropumpe zu schaffen, die eine Umkehr der durch eine Ventilstruktur definierten Förderrichtung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung einer Mikropumpe nach Anspruch 1 und nach Anspruch 7 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Ansteuerung einer Mikropumpe mittels eines Treibersignals, wobei die Mikropumpe eine durch eine Ventilstruktur definierte Förderrichtung hat, mit dem Verfahrensschritt des Anlegens des Treibersignals mit einer Erregerfrequenz an die Mikropumpe, wobei die Erregerfrequenz im Bereich oberhalb einer Resonanz eines aus den beweglichen Teilen der Mikropumpe und dem zu pumpenden Fluid gebildeten Systems liegt, wodurch sich die durch eine Ventilstruktur definierte Förderrichtung umkehrt.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zum Ansteuern einer Mikropumpe mittels eines Treibersignals; wobei die Mikropumpe eine durch eine Ventilstruktur definierte Förderrichtung hat, mit einer Einrichtung zum Erzeugen des Treibersignals mit einer Erregerfrequenz, die im Bereich oberhalb einer Resonanz eines aus den beweglichen Teilen der Mikropumpe und dem zu pumpenden Fluid gebildeten Systems liegt, wodurch sich die durch eine Ventilstruktur definierte Förderrichtung umkehrt. Gemäß abhängigen Ansprüchen 2 und 8 kann die Mikropumpe als Mikro-Membranpumpe ausgebildet sein.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß für praktische Anwendungen, bei denen sowohl ein Hintransport als auch ein Abtransport von Fluiden zu einem Element erforderlich ist, lediglich eine Mikro-Membranpumpe eingesetzt werden muß, wodurch sich der erforderliche Platzaufwand erniedrigt.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Befüllung solcher Systeme mit einem Fluid erleichtert wird.

Wiederum ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Herstellungskosten solcher Systeme erheblich gesenkt werden können.

Bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird nachfolgend ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsdarstellung einer Mikro-Membranpumpe;

Fig. 2 eine maximale Auslenkung und eine Phasenverschiebung eines beweglichen Ventiltails bei verschiedenen Dämpfungen bzw. Gütefaktoren;

Fig. 3 einen zeitabhängigen Durchfluß durch ein Ventil abhängig von einer Betriebsfrequenz, einer Amplitude der Druckoszillationen und unterschiedlichen Phasenverschiebungen;

Fig. 4 eine graphische Darstellung der Pumprate einer Mikro-Membranpumpe, die gemäß der vorliegenden Erfindung angesteuert ist; und

Fig. 5 ein Blockdiagramm, das die Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Ansteuerung einer Mikro-Membranpumpe darstellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglichen es, die Pump-  
richtung bei Mikro-Membranpumpen (siehe Fig. 1) mit  
sogenannten passiven Rückschlagventilen 118, 120  
umzukehren. Hierzu wird die Verdrängereinheit 102 mit  
einem Treibersignal beaufschlagt, das eine Betriebsfre-  
quenz im Bereich einer Resonanz, die im wesentlichen  
durch die beweglichen Ventiltile definiert ist, aufweist,  
die oberhalb dieser Resonanz liegt.

Es ist offensichtlich, daß es sich bei dieser Reso-  
nanz um eine Resonanz eines Systems handelt, das  
aus den beweglichen Teilen der Mikro-Membranpumpe  
(106, 118, 120) und aus dem zu pumpenden Fluid ge-  
bildet ist.

Durch die Ansteuerung entstehen in der Pumpkam-  
mer 112 Druckoszillationen, die von der äußeren Erre-  
gerfrequenz abhängen. Durch das Fluidsystem werden  
diese Druckschwingungen auf die beweglichen Ventil-  
teile übertragen, wodurch sich das betreffende Ventil  
öffnet bzw. schließt.

Im Bereich der Resonanz ergibt sich jedoch eine  
Phasendifferenz zwischen der durch das Fluid übertra-  
genen Kraft auf die beweglichen Ventiltile und der ak-  
tuellen Auslenkung des beweglichen Ventiltails.

Dieses Verhalten entspricht dem eines schwin-  
gungsfähigen, mechanischen Systems, welches durch  
eine externe Kraft zu einer erzwungenen Schwingung  
angeregt wird. Wie es in Fig. 2a dargestellt ist, weist die  
Amplitude der Schwingung das bekannte Resonanzver-  
halten auf. Ferner ergibt sich eine Phasenverschiebung  
zwischen der erregenden Kraft und der Auslenkung des  
Schwingers, wie es in Fig. 2b dargestellt ist.

Die in Fig. 2 dargestellten Kurven 200 und 202 stel-  
len den Verlauf der Auslenkung und der Phasenver-  
schiebung bei verschiedenen Dämpfungen bzw. Güte-  
faktoren dar. Hierbei ist dem Verlauf der Kurve 200 ein  
Gütefaktor von 3 zugeordnet und dem Verlauf der Kurve  
202 ist ein Gütefaktor von 1 zugeordnet.

Die in Fig. 2 dargestellte Auslenkung und Phasen-  
verschiebung eines beweglichen Ventiltails gilt für eine  
Resonanz dieses Teils von 3000 Hz.

In Fig. 3 geben die Verläufe in der ersten Zeile den  
sogenannten erregenden Druck an, die Signalverläufe  
in der mittleren Zeile geben den Öffnungszustand des  
beweglichen Ventils an und die Signalverläufe in der un-  
teren Reihe zeigen den zeitabhängigen Durchfluß, wo-  
bei die jeweiligen y-Skalen in beliebigen Einheiten dar-  
gestellt sind.

Die Umkehrung der Pump-  
richtung wird durch das

Zusammenwirken zweier Effekte ermöglicht.

Einerseits hinkt der Öffnungszustand des Ventils  
der durch die Flüssigkeit übertragene Kraft um die Pha-  
se  $\theta$  hinterher, wie es in Fig. 3 deutlich zu erkennen ist.

Hieraus resultiert eine Verzögerung des Öffnungs-  
und Schließvorgangs des Ventils gegenüber der Fluid-  
bewegung.

Der zweite Effekt besteht darin, daß eine Öffnung  
des Ventils lediglich in positiver Richtung möglich ist  
(siehe zweite Zeile der Fig. 3), d.h. während einer hal-  
ben Periodendauer ist das Ventil vollständig geschlos-  
sen.

Wie aus Fig. 3 zu sehen ist, fließt mit zunehmender  
Phasendifferenz ein immer größerer Anteil des Fluids  
innerhalb eines Pumpzykluses in die Sperrichtung  
durch das Ventil. Dies bedeutet eine Umkehr der För-  
derrichtung ( $\Phi < 0$ ). Bei einer Phase von  $-180$  Grad wird  
eine vollständige Umkehr der Förderrichtung erreicht,  
wie es in der fünften Spalte in Fig. 3 dargestellt ist.

In Fig. 4 ist die Frequenzabhängigkeit der Pumprate  
bei einer elektrostatisch angetriebenen Mikro-Mem-  
branpumpe unter Verwendung von sogenannten Klap-  
penventilen in einem halblogarithmischen Maßstab dar-  
gestellt.

Im Frequenzbereich von 1 Hz bis 1 kHz befindet  
sich die Mikro-Membranpumpe in ihrem sogenannten  
Standard-Betriebsbereich, der durch den Pfeil 400 dar-  
gestellt ist. In diesem Standard-Betriebsbereich 400  
weist die Mikro-Membranpumpe eine positive Pumprate  
( $\Phi > 0$ ) auf, was einer vorwärtsgerichteten Pumpwirkung  
entspricht.

Im Frequenzbereich von 2 kHz bis 6 kHz, der durch  
den Pfeil 410 dargestellt ist, weist die Mikro-Membran-  
pumpe eine negative Pumprate ( $\Phi < 0$ ) auf, was einer  
rückwärts gerichteten Pumpwirkung entspricht.

Es wird darauf hingewiesen, daß nicht nur die Pha-  
se, sondern auch die maximale Öffnung des bewegli-  
chen Ventiltails sowie die Amplitude der erregenden  
Druckoszillationen von der anliegenden Erregerfre-  
quenz abhängen. Neben dem Effekt der Phasenver-  
schiebung zwischen dem Öffnungszustand des bewegli-  
chen Ventils und der erregenden Druckoszillation be-  
steht auch eine Auswirkung der Frequenzabhängigkeit  
der maximalen Amplitude des beweglichen Ventils und  
die Frequenzabhängigkeit der Amplitude der erregen-  
den Druckoszillationen.

Durch eine geeignete Veränderung der Form der  
verwendeten Ventile kann die Resonanzfrequenz der in  
einer Mikro-Membranpumpe verwendeten, bewegli-  
chen Ventiltile variiert werden. Hierdurch ist es mög-  
lich, den Frequenzbereich 410 zu beeinflussen, in dem  
die negative Pumprate auftritt.

Neben der oben beschriebenen sogenannten er-  
sten Resonanz der beweglichen Ventiltile treten auch  
Resonanzen höherer Ordnung auf. Mit jeder neuen Re-  
sonanz läßt sich die Förderrichtung erneut umkehren.

Es wird darauf hingewiesen, daß sich der Fre-  
quenzbereich 410, bei dem eine negative Pumprate auf-

tritt, derjenige Frequenzbereich ist, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 90 Grad bis etwa 180 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventile auftritt. Der Frequenzbereich, bei dem eine positive Pumprate auftritt, ist derjenige Frequenzbereich, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 0 Grad bis 90 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventilstruktur auftritt.

In Fig. 5 ist ein Blockdiagramm der Anordnung einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Treibersignals und einer Mikro-Membranpumpe dargestellt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ansteuern einer Mikro-Membranpumpe 510 mittels eines Treibersignals umfaßt eine Einrichtung 500 zum Erzeugen des Treibersignals mit einer Erregerfrequenz, die im Bereich oberhalb einer Resonanz der aus den beweglichen Teilen der Mikro-Membranpumpe 510 und dem zu pumpenden Fluid gebildeten Systems liegt. Das Treibersignal wird über eine oder mehrere Signalleitungen 520 an die Mikro-Membranpumpe 510 angelegt.

Ferner erzeugt die Treibersignalerzeugungseinrichtung ein zweites Treibersignal mit einer zweiten Erregerfrequenz, die in einem Bereich liegt, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 0 Grad bis 90 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventilstruktur auftritt, um das zu pumpende Fluid in die durch die Ventilstruktur definierte Förderrichtung zu pumpen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung sind nicht auf Mikro-Membranpumpen beschränkt, die Rückschlagventile verwenden. Die Anwendung der Erfindung auf Mikro-Membranpumpen, die anders ausgebildete passive Ventile verwenden, ist ohne weiteres möglich.

Weiterhin beschränkt sich die Anwendung der vorliegenden Erfindung nicht auf eine Mikro-Membranpumpe, die zwei Ventile verwendet. Die Verwendung von Mikro-Membranpumpen, die ein Ventil oder mehr als zwei Ventile verwenden, ist ohne weiteres möglich.

Neben der oben beschriebenen elektrostatischen Erregung der Pumpmembran der Mikro-Membranpumpe sind auch piezoelektrische und pneumatische bzw. thermopneumatische Antriebsmechanismen für die Mikro-Membranpumpe möglich.

In Betracht kommt auch ein thermischer Zweiphasenantrieb, bei dem eine Flüssigkeit in einer Antriebskammer erhitzt wird, wodurch sich eine Dampfblase bildet, durch die eine Pumpmembran durch Verdrängung betätigt wird. Der thermische Zweiphasenantrieb ermöglicht gegenüber einem rein thermopneumatischen Antrieb die Erzeugung höherer Drücke.

In Abweichung von den gezeigten Ausführungsformen der Antriebe kommt neben einem Membranverdränger auch ein Kolbenverdränger in Betracht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung einer Mikropumpe (100)

mittels eines Treibersignals, wobei die Mikropumpe (100) eine durch eine Ventilstruktur (118, 120) definierte Förderrichtung hat, gekennzeichnet durch folgenden Verfahrensschritt: Anlegen des Treibersignals mit einer Erregerfrequenz an die Mikropumpe (100), wobei die Erregerfrequenz im Bereich oberhalb einer Resonanz eines aus den beweglichen Teilen (106, 118, 120) der Mikropumpe (100) und dem zu pumpenden Fluid gebildeten Systems liegt, wodurch sich die durch die Ventilstruktur (118, 120) definierte Förderrichtung umkehrt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikropumpe als eine Mikro-Membranpumpe (100) ausgebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich, in dem die Erregerfrequenz liegt, derjenige Frequenzbereich ist, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 90 Grad bis etwa 180 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventilstruktur (118, 120) auftritt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanz im wesentlichen durch die Ventilstruktur (118, 120) bestimmt ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanz eine Resonanz erster Ordnung oder eine Resonanz höherer Ordnung ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner gekennzeichnet durch folgenden Verfahrensschritt: Anlegen eines zweiten Treibersignals mit einer zweiten Erregerfrequenz an die Mikropumpe (100), wobei die zweite Erregerfrequenz in einem Bereich liegt, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 0 Grad bis 90 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventilstruktur (118, 120) auftritt, um das zu pumpende Fluid in die durch die Ventilstruktur (118, 120) definierte Förderrichtung zu pumpen.
7. Vorrichtung zum Ansteuern einer Mikropumpe (510) mittels eines Treibersignals, wobei die Mikropumpe (100) eine durch eine Ventilstruktur (118, 120) definierte Förderrichtung hat, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (500) zum Erzeugen des Treibersignals mit einer Erregerfrequenz, die im Bereich oberhalb einer Resonanz eines aus den beweglichen Teilen der Mikropumpe und dem zu pumpenden Fluid gebildeten Systems liegt, wodurch sich

die durch die Ventilstruktur (118, 120) definierte Förderrichtung umkehrt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, 5  
daß die Mikropumpe als eine Mikro-Membranpumpe (100) ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, 10  
daß die Treibersignalerzeugungseinrichtung (500) ferner ein zweites Treibersignal mit einer zweiten Erregerfrequenz erzeugt, die in einem Bereich liegt, bei dem eine Phasendifferenz von etwa 0 Grad bis 90 Grad zwischen dem Treibersignal und der Auslenkung der Ventilstruktur auftritt, um das zu pumpende Fluid in die durch die Ventilstruktur definierte Förderrichtung zu pumpen. 15

#### Claims

1. Method for driving a micropump (100) by means of a driving signal, the micropump (100) having a delivery direction defined by a valve structure (118, 120), 25  
characterized by the following method step:  
application of the driving signal with an excitation frequency to the micropump (100), the excitation frequency lying in the range above a resonance of a system formed by the movable parts (106, 118, 120) of the micropump (100) and the fluid to be pumped, so that the delivery direction defined by the valve structure (118, 120) reverses. 30
2. Method according to claim 1, characterized in that the micropump is implemented as a diaphragm micropump (100).
3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the range in which the excitation frequency lies is that frequency range for which there is a phase difference of from about 90 degrees to about 180 degrees between the driving signal and the displacement of the valve structure (118, 120). 40
4. Method according to one of the claims 1 to 3, characterized in 45  
that the resonance is chiefly determined by the valve structure (118, 120).
5. Method according to one of the claims 1 to 4, characterized in 50  
that the resonance is a resonance of the first order or a resonance of a higher order.
6. Method according to one of the claims 1 to 5, further characterized by the following method step:

application of a second driving signal with a second excitation frequency to the micropump (100), the second excitation frequency lying in a range for which there is a phase difference of from about 0 degrees to about 90 degrees between the driving signal and the displacement of the valve structure (118, 120), so that the fluid to be pumped is pumped in the delivery direction defined by the valve structure (118, 120).

7. Device for driving a micropump (510) by means of a driving signal, the micropump (100) having a delivery direction defined by a valve structure (118, 120), 15  
characterized by  
a unit (500) for generating the driving signal with an excitation frequency which lies in the range above a resonance of a system formed by the movable parts of the micropump and the fluid to be pumped, so that the delivery direction defined by the valve structure (118, 120) reverses. 20

8. Device according to claim 7, characterized in that the micropump is implemented as a diaphragm micropump (100). 25
9. Device according to claim 7 or 8, characterized in that the driving signal generating unit (500) also generates a second driving signal with a second excitation frequency, which lies in a range for which there is a phase difference of from about 0 degrees to about 90 degrees between the driving signal and the displacement of the valve structure, so that the fluid to be pumped is pumped in the delivery direction defined by the valve structure. 35

#### Revendications

1. Procédé pour commander une micropompe (100) à l'aide d'un signal d'excitation, la micropompe (100) ayant une direction de transport définie par une structure de soupape (118, 120), caractérisé par l'étape de procédé suivante, consistant à: 40  
appliquer sur la micropompe (100) le signal d'excitation avec une fréquence d'excitation, la fréquence d'excitation se situant dans la plage au-dessus d'une résonance d'un système formé par les éléments mobiles (106, 118, 120) de la micropompe (100) et par le fluide à pomper, d'où la direction de transport définie par la structure de soupape (118, 120) est inversée. 45
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la micropompe se présente sous forme de micropompe à membrane (100). 50
3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé

par le fait que la plage dans laquelle se situe la fréquence d'excitation est la plage de fréquences dans laquelle il se produit une différence de phase d'environ 90 degrés à environ 180 degrés entre le signal d'excitation et la déflexion de la structure de soupape (118, 120). 5

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la résonance est déterminée sensiblement par la structure de soupape (118, 120). 10
5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que la résonance est une résonance de premier ordre ou une résonance d'ordre supérieur. 15
6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé, par ailleurs, par l'étape de procédé suivante, consistant à: 20  
appliquer sur la micropompe (100) un second signal d'excitation avec une seconde fréquence d'excitation, la seconde fréquence d'excitation se situant dans une plage dans laquelle il se produit une différence de phase d'environ 0 degré à 90 degrés entre le signal d'excitation et la déflexion de la structure de soupape (118, 120), pour pomper le fluide à pomper dans la direction de transport définie par la structure de soupape (118, 120). 25  
30
7. Dispositif pour commander une micropompe (510) à l'aide d'un signal d'excitation, la micropompe (100) ayant une direction de transport définie par une structure de soupape (118, 120), caractérisé par un dispositif (500) de production du signal d'excitation avec une fréquence d'excitation située dans la plage au-dessus d'une résonance d'un système formé par les éléments mobiles de la micropompe et par le fluide à pomper, d'où la direction de transport définie par la structure de soupape (118, 120) est inversée. 35  
40
8. Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que la micropompe se présente sous forme de micropompe à membrane (100). 45
9. Dispositif suivant la revendication 7 ou 8, caractérisé par le fait que le dispositif de production du signal d'excitation (500) génère un second signal d'excitation avec une seconde fréquence d'excitation qui se situe dans une plage dans laquelle il se produit une différence de phase d'environ 0 degré à 90 degrés entre le signal d'excitation et la déflexion de la structure de soupape, pour pomper le fluide à pomper dans la direction de transport définie par la structure de soupape. 50  
55

EP 0 703 364 B1

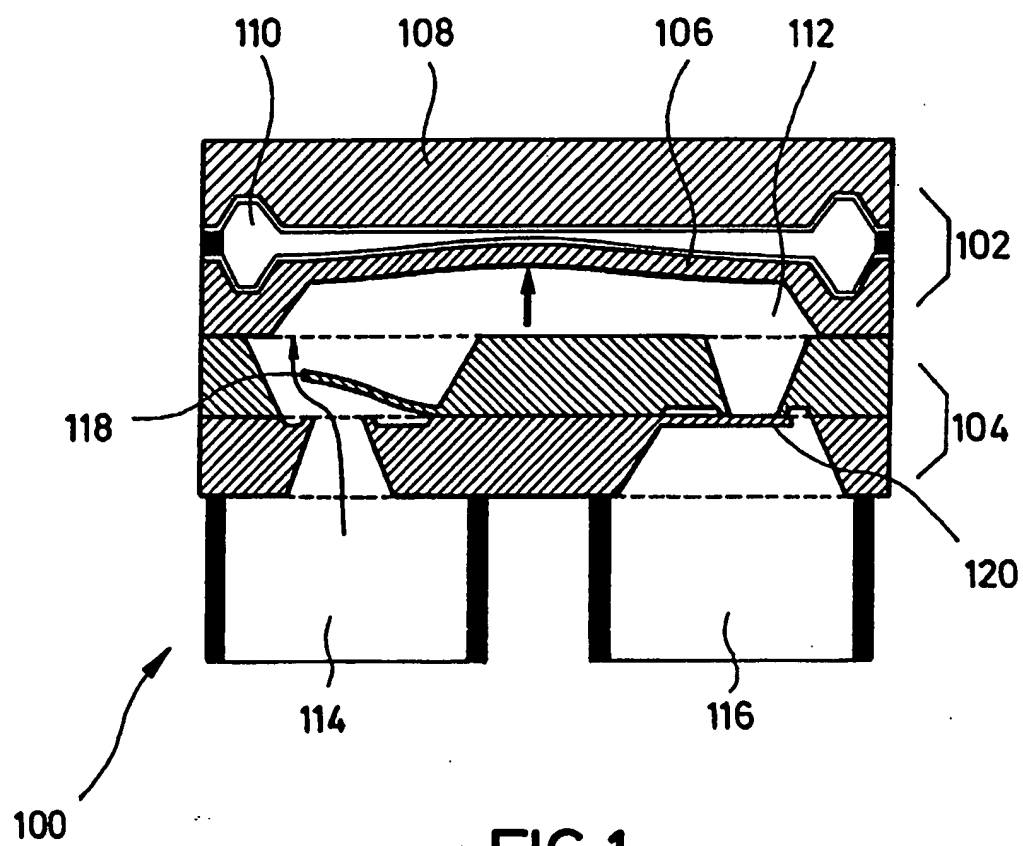


FIG.1

EP 0 703 364 B1

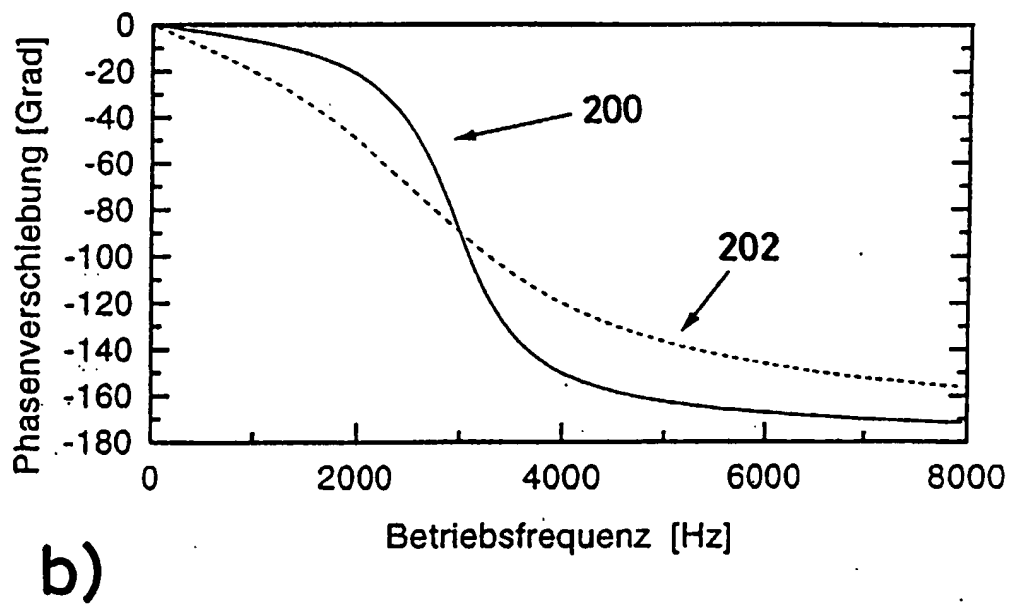
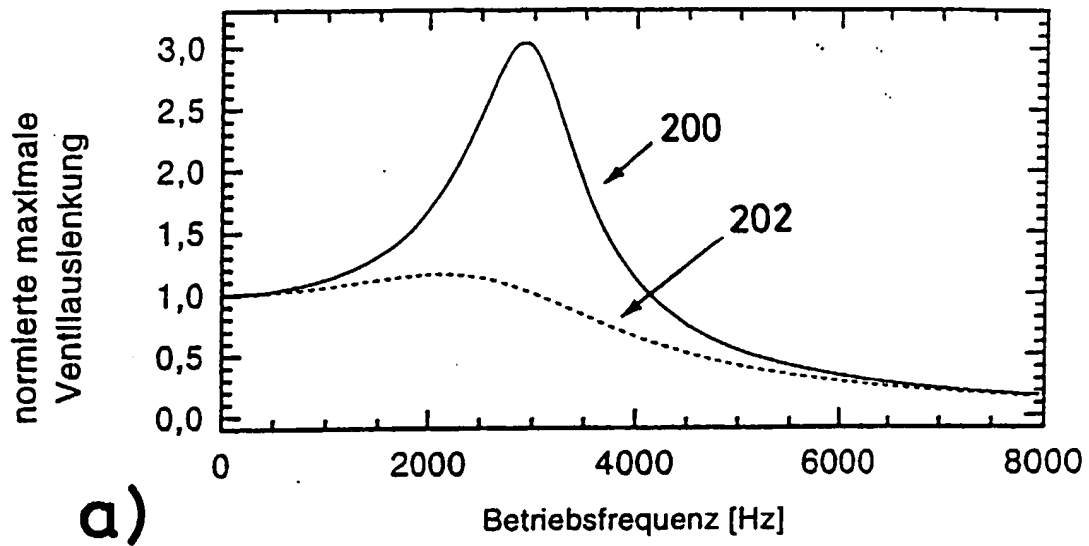


FIG.2

EP 0 703 364 B1

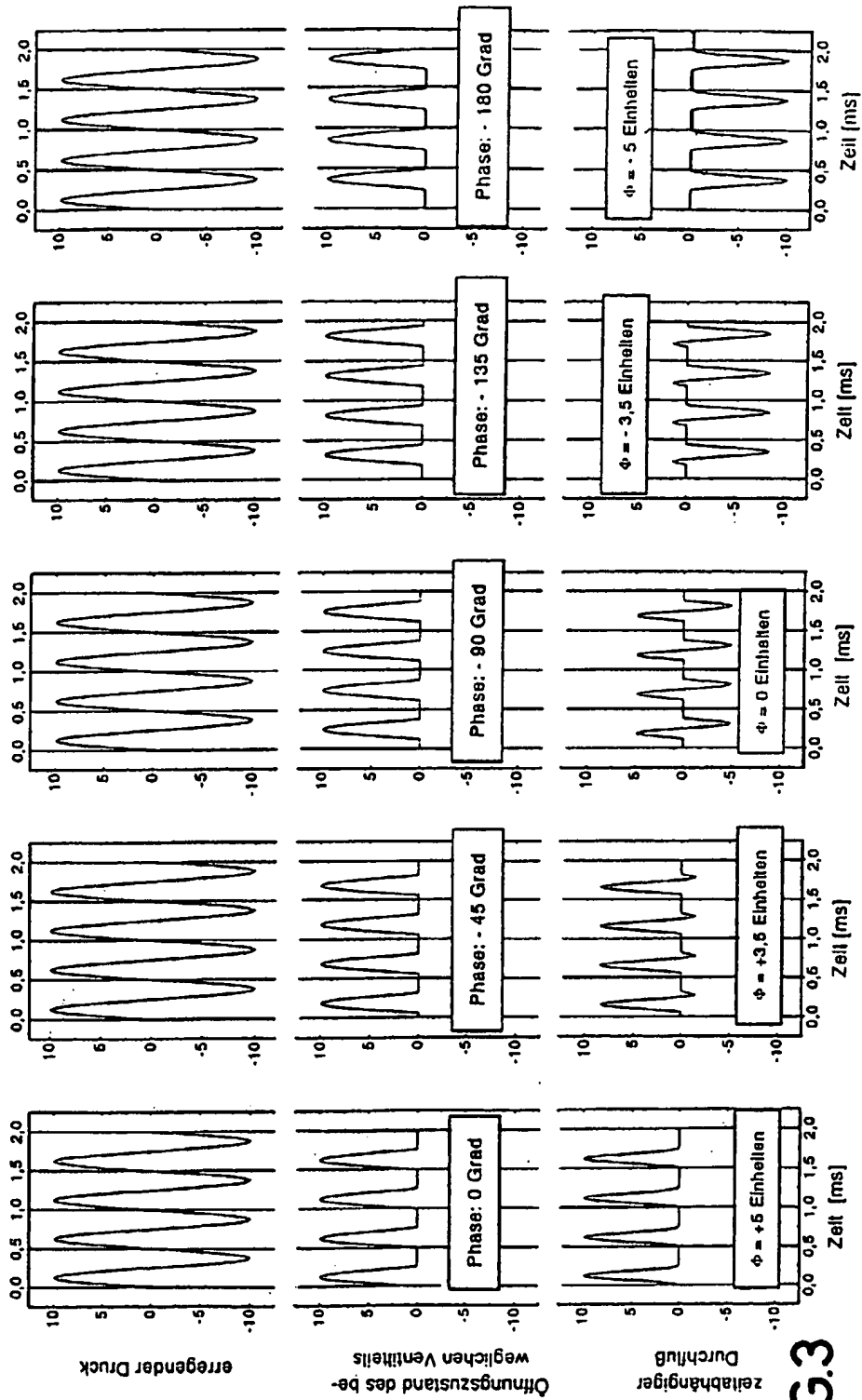


FIG.3

EP 0 703 364 B1

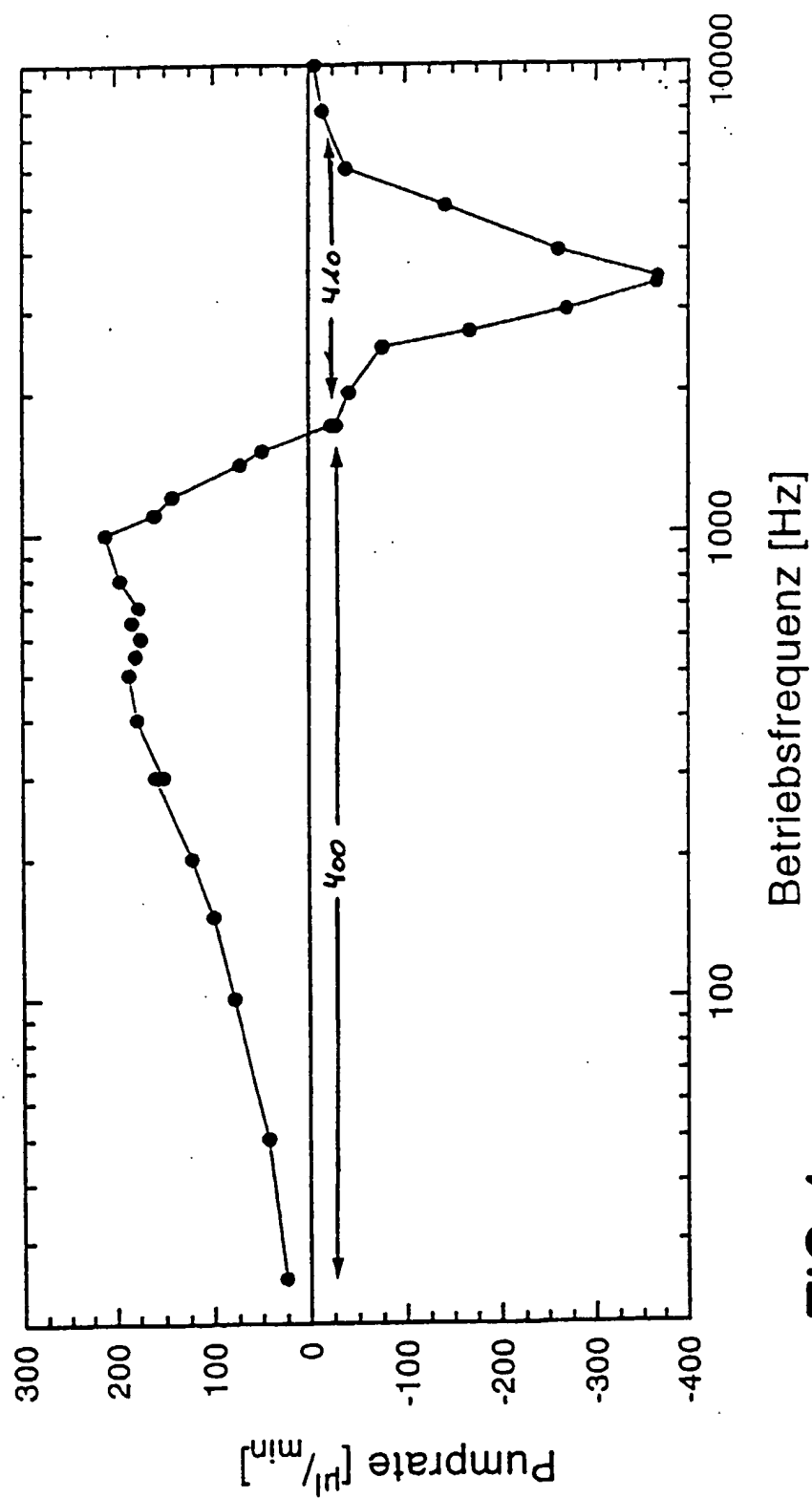


FIG. 4

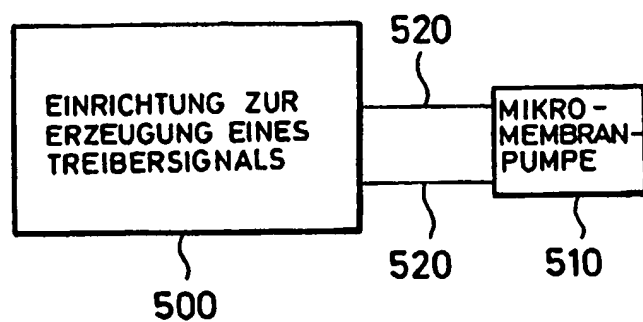


FIG. 5